மின்னியல்-காந்தவியல்

(முதற் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(பிற்சேர்க்கை)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின் கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்

டி. ஏ. கருப்பண்ணன்,

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

மின்னியல்-காந்தவியல்

(முதற் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(பிற்சேர்க்கை)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்

டி. ஏ. கருப்பண்ணன்,

பேராசிரியர், இயற்பியல் துறை,

பூ. சா. கோ. கலைக் கல்லூரி,

கோயம்புத்தூர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

Supplement—December 1972

ELECTRICITY & MAGNETISM-I

(Supplement)

T. A. KARUPPANNAN

PRICE 0-60 Paise

(or supplied free of cost when original book is purchased)

பொருளடக்கம்

'Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.'

Printed by

Srinivasam Press of Jupiter Enterprises
1, Smith Lane, Mount Road,
Madras-2.

காந்தவியல்

(Magnetism)

பக்கம் 10

காந்த முனைகள் இடையேயுள்ள விசையின். இருமடி எதிர் விதியினை

$$F = A \frac{m_1 m_2}{r^2}$$ என்று எழுதலாம்.

எம். கே. எஸ். அலகில் குறிப்பிடும்போது,

$$A = \frac{1}{4\pi \mu_r \mu_0}$$ என்றமையும்.

இங்கு,

μ_r என்பது ஊடகத்தின் உட்புகுதிறனாகும்.

μ_0 என்பது இடைவெளியின் உட்புகு திறனாகும். μ_0-ன் மதிப்பு $4\pi \times 10^{-7}$ ஹெ/மீ என்ற அளவில் அமையும். A-ல் இதன் மதிப்புத் தரப்படும்போது, இருமடி எதிர்விதி யானது,

$$F = \frac{m_1 m_2}{4\pi \mu_r \mu_0 r^2}$$ என்றமையும்.

எம். கே. எஸ். அலகில்,

F என்பது நியூடன்கள் அளவிலும்,

r என்பது மீட்டர் அளவிலும் அமையும்.

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ஹென்ரி/மீட்டர் (அல்லது) வெபர்/ஆம்பியர்-மீட்டர் என்ற அளவிலும் அமையும்.

வெற்றிடத்தில் அல்லது காற்றில் காந்தமுனைகள் இருக்கும்போது,

$\mu_r = 1$

எனவே,

$$F = \frac{m_1 m_2}{4\pi \mu_o r^2}$$

எம். கே. எஸ். முறையில் அலகுமுனை

$m_1 = m_2 = 1$, $r = 1$ மீட்டர் என்று வைத்துக் கொள்வோம். வெற்றிடத்தில் $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ ஹெ/மீ.

எனவே,

$$F = \frac{1 \times 1}{4\pi \times 4\pi \times 10^{-7} \times (1)^2} \text{ நியூடன்கள் (Newtons)}$$

$$F = \frac{10^7}{16\pi^2} \text{ நியூடன்கள்.}$$

ஆகவே, எம்.கே.எஸ். முறையில் அலகுமுனையினைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்:

காற்றிலோ அல்லது வெற்றிடத்திலோ, தன்னை விட்டு 1 மீட்டர் தொலைவில் இருக்கும் சமமான ஒத்த வேறு ஒரு முனையை $\frac{10^7}{16\pi^2}$ நியூடன்களின் விசையுடன் எதிர்த்துத் தள்ளும் முனைக்கு அலகுமுனை என்று பெயர்.

இந்த 'அலகுமுனை' எம். கே. எஸ். முறையில் வெபர் (Weber) என்று வழங்கப்படுகிறது.

குறிப்பு : காந்தமுனை வலிமையின் ஒரு சி. ஜி. எஸ். மின் காந்த அலகு = $4\pi \times 10^{-8}$ அளவு எம். கே. எஸ். அலகில் அமையும்.

பக்கம் 13

m அலகுகள் உள்ள காந்தமுனையிலிருந்து, r அளவு தூரத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியின் காந்தச் செறிவானது $\frac{m}{\mu_{r_1}^2}$ அளவிற்குச் சமமாக இருக்கும். இது சி.ஜி.எஸ். மின்காந்த அலகு முறையில் அமைவதாகும். சி. ஜி. எஸ். மின்காந்த அலகு முறையில் காந்தச்செறிவு அல்லது காந்தப்புலத்தின் அலகு 'ஓர்ஸ்டெட்' என்பதாகும்.

இதையே எம். கே. எஸ். அலகுகளில் குறிக்கப்படும்போது, காந்தச்செறிவானது $= \frac{m}{4\pi \mu_r \mu_o r^2}$ என்றமையும். எம்.கே. எஸ். முறையில் காந்தப்புலச் செறிவு அல்லது வலிமையின் அலகாக ஆம்பியர்-சுற்று/மீட்டர் என்றமையும்.

எம். கே. எஸ். முறையில் அமையும்,

1 ஆம்பியர்-சுற்று/மீட்டர் $= 4\pi \times 10^{-3}$ ஓர்ஸ்டெட்.

குறிப்பு : காந்தத்தூண்டல் அல்லது பாய அடர்த்தியின் அலகு காஸ் (Gauss) ஆகும். இதுவே எம்.கே.எஸ். முறையில் வெபர்/மீட்டர்^{2} என்று எழுதப்படும்.

1 வெபர்/மீட்டர்^{2} $= 10^4$ காஸ் ஆகும்.

பக்கம் 16 : 2·8

எம். கே. எஸ். முறையில், ஒரு காந்தமுனையிலிருந்து வெளிக்கிளம்பும் விசைக்கற்றைகளின் எண்ணிக்கையைக் **காணல் :**

'm' வெபர் வலிமையுள்ள ஒரு முனையானது (pole) காற்றிலோ அல்லது வெற்றிடத்திலோ இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். இதைச்சுற்றி r மீட்டர் ஆரமுள்ள ஒரு கோளத்தை வரை. தற்போது கோளத்தின் பரப்பின்மீது அமையும் எந்த ஒரு புள்ளியின் புலச்செறிவினையும் $\frac{m}{4\pi \mu_o r^2}$ என்று எழுதலாம். மேலும், இக்கோளத்தின் 1 சதுர மீட்டர் பரப்பின்மீது செங்குத்தாகச் செல்லும் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாக இருக்கும்.

எனவே,

முனையிலிருந்து கிளம்பும் மொத்த H விசைக்கற்றைகளின் எண்ணிக்கை $= 4\pi r^2 \times \left(\frac{m}{4\pi \mu_o r^2}\right) = \frac{m}{\mu_o}$

ஆக,

ஒரு முனையிலிருந்து வெளிக் கிளம்பும் மொத்தப் பாயம் அல்லது விசைக்கோடுகளான $B = \mu_o \times \frac{m}{\mu_o} = m$ ஆகும்.

பக்கம் 19 : 2·12

m வெபர் முனைவலிமையும், $2l$ மீட்டர் நீளமும் கொண்டுள்ள ஒரு காந்தத்திற்கு, எம்.கே.எஸ். முறையில் காந்தத் திருப்புத்திறனை, $M = 2m \times l$ வெபர்-மீட்டர் என்று எழுதலாம். இம் முறையில் காந்தமாக்கற் செறிவுக்குரிய அலகு வெபர்/மீட்டர்^{2} ஆகும்.

பக்கம் 20 : 2·13

எம். கே. எஸ். முறை

காந்தத்தின் N முனையினால் P-லிருக்கும் ஓர் அலகு வடமுனையின் மேல் பெறப்படும் எதிர்த்துத் தள்ளும் விசை, NP என்ற திசையில் $\Bigg\} = \dfrac{m}{4\pi\mu_0 NP^2}$

காந்தத்தின் S முனையினால் P–லிருக்கும் ஓர் அலகு வடமுனைமேல் பெறப்படும் ஈர்ப்பு விசை, PS என்ற திசையில் $\Bigg\} = \dfrac{m}{4\pi\mu_0 PS}$

ஆகையால், P–ல் விளைவு திசை

$$= \frac{m}{4\pi\,\mu_0\,NP^2} - \frac{m}{4\pi\,\mu_0\,PS^2}$$

$$= \frac{m}{4\pi\,\mu_0\,(d-l)^2} - \frac{m}{4\pi\,\mu_0\,(d+l)^2}$$

$$= \frac{4m\,ld}{4\pi\,\mu_0\,(d^2-l^2)^2} = \frac{2\,Md}{4\pi\,\mu_0\,(d^2-l^2)^2}$$

m என்பது வெபர் அளவிலும், M என்பது வெபர் மீட்டர் அளவிலும், l, d மீட்டர் அளவிலும் அமையும். காந்தப்புலமானது ஆம்பியர்-சுற்று/மீட்டர் அளவில் இருக்கும்.

குட்டைக் காந்தக் கட்டையின் அச்சுக் கோட்டிலுள்ள புள்ளியில் புலச்செறிவு $\Big\} = \dfrac{2M}{4\pi\,\mu_0\,d^3}$

பக்கம் 23 2·14

எம்.கே.எஸ். அலகுகளில்,

$$F = \frac{1}{4\pi\;\mu_0}\left[\frac{M}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}\right]$$

(PT திசையில்)

குட்டைக் காந்தக் கட்டைக்கு P-ல் காந்தப்புலச் செறிவு $\Big\} = \dfrac{M}{4\pi\,\mu_0\,d^3}\;(d+l)^{\frac{3}{2}}$

பக்கம் 25 : 2·15

எம்.கே.எஸ். முறையில்,

$$PA = \frac{2M\cos\theta}{4\pi\mu_0 d^3}$$

$$PB = \frac{M\sin\theta}{4\pi\mu_0 d^3}$$

ஆனால் $PT^2 = PA^2 + PB^2$

$$\therefore \quad F = \sqrt{PA^2 + PB^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{2M\cos\theta}{4\pi\mu_0 d^3}\right)^2 + \left(\frac{M\sin\theta}{4\pi\mu_0 d^3}\right)^2}$$

$$F = \frac{M}{4\pi\mu_0 d^3}(3\cos^2\theta + 1)^{\frac{1}{2}}$$
(PT திசையில்)

பக்கம் 26A : 2·16

எம்.கே.எஸ். முறையில்,

$$H = \frac{M}{4\pi\mu_0 (d^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}}$$

குட்டைக் காந்தக் கட்டைக்கு

$$H = \frac{M}{4\pi\mu_0 d^3}$$

பக்கம் 26B

எம்.கே எஸ். முறையில்,

$$H = \frac{2Md}{4\pi\mu_0 (d^2 - l^2)^2}$$

குட்டைக் காந்தக் கட்டைக்கு

$$H = \frac{2M}{4\pi\mu_0 d^3}$$

பக்கம் 28 : 2.17

எம். கே. எஸ். முறையில், விளைவு விசை $= \dfrac{6M_1M_2}{4\pi\mu_0 d^4}$

பக்கம் 29 : 2.17

எம். கே. எஸ். முறையில், விளைவு விசை $= \frac{3 M_1 M_2}{4\pi \mu_0 d^4}$

பக்கம் 30 :

எம். கே. எஸ் முறையில்,

$N_1 S_1$ ஆல் P-ல் பெறப்படும் புலம் $= \frac{2M_1}{4\pi \mu_0 d^3}$

$\therefore N_1 S_1$-ல் இரட்டை $= M_2 \times \frac{2 M_1}{4\pi \mu_0 d^3} \times \sin\theta$

$= \frac{2M_1 M_2}{4\pi \mu_0 d^3} \sin\theta$

(i) $\theta = 0$ ஆக இருக்கும் போது, இரட்டை $= 0$.

(ii) $\theta = 90°$ ஆக இருக்கும் போது, இரட்டை

$= \frac{2 M_1 M_2}{4\pi \mu_0 d^3}$.

பக்கம் 32

எம். கே. எஸ். முறை

$N_1 S_1$ ஆல் P-ல் பெறப்படும் புலம் $= \frac{M_1}{4\pi \mu_0 d^3}$

எனவே, இரட்டை $= \frac{M_2 \times M_1}{4\pi \mu_0 d^3} \times (\sin 90° - \theta)$

$= \frac{M_1 M_2}{4\pi \mu_0 d^3} \cos\theta$

(1) $\theta = 90°$ ஆக இருக்கும் போது

இரட்டை $= 0$.

(2) $\theta = 0$ ஆக இருக்கும் போது, அதாவது $N_2 S_2 \perp N_1 S_1$

இரட்டை $= \frac{M_1 M_2}{4\pi \mu_0 d^3}$

பக்கம் 35 : 2. 19

எம். கே. எஸ். முறை

O என்ற இடத்தில் m அலகுகள் உள்ள வடமுனை ஒன்று வைக்கப்படுவதால், A-ல் வைக்கப்பட்டுள்ள ஓர் அலகுக் காந்த வட முனையின் மேல் கொடுக்கப்படும் விசை $= \frac{m}{4\pi \mu_0 x^2}$

A-லிருந்து B-க்கு ஓர் அலகுக் காந்த வட முனை நகர்த்துவதனால் செய்யப்படும் வேலை $= \dfrac{m}{4\pi\mu_0 x^2}\,dx$

$$dV = \frac{-m\,dx}{4\pi\mu_0 x^2}$$

எனவே P-ல் காந்த அழுத்தம் $= \displaystyle\int_{\infty}^{d} = \frac{-mdx}{4\pi\mu_0 x^2} = \frac{m}{4\pi\mu_0 d}$

காந்த அழுத்தத்திற்குரிய அலகு **ஆம்பியர்-சுற்று** என்பதாகும்.

பக்கம் 36 : 2. 20

எம். கே எஸ். அலகில்,

N ஆல் P-ல் உள்ள அழுத்தம் $= \dfrac{m}{4\pi\mu_0 (d-l)}$

S ஆல் P-ல் உள்ள அழுத்தம் $= \dfrac{-m}{4\pi\mu_0 (d+l)}$

எனவே P-ல் உள்ள விளைவுக் காந்த அழுத்தம் $= \dfrac{m}{4\pi\mu_0(d-l)} - \dfrac{m}{4\pi\mu_0 (d+l)}$

$$= \frac{2ml}{4\pi\mu_0 (d^2-l^2)} = \frac{M}{4\pi\mu_0 (d^2-l^2)}$$

குட்டைக் காந்தக் கட்டைக்கு,

P-ல் காந்த அழுத்தம் $= \dfrac{M}{4\pi\mu_0 d^2}$

பக்கம் 37

எம். கே. எஸ் அலகுகளில்,

P-ல் அழுத்தம் $= \dfrac{m}{4\pi\mu_0 NP} - \dfrac{m}{4\pi\mu_0 SP} = 0.$

பக்கம் 38

இதற்குரிய எம். கே.எஸ் அலகுகளில்,

P-ல் உண்டாகும் விளைவுஅழுத்தம் $V = \dfrac{m}{4\pi\mu_0 AP} - \dfrac{m}{4\pi\mu_0 BP}$

$$= \frac{m}{4\pi\mu_0 (OP-OA)} - \frac{m}{4\pi\mu_0 (OP+OB)}$$

ஆனால் $OA = OB = l\cos\theta$

$$\therefore V = \frac{m}{4\pi \mu_0 (d-l \cos \theta)} - \frac{m}{4\pi \mu_0 (d+l \cos \theta)}$$

$$= \frac{m \times 2\, l \cos \theta}{4\pi \mu_0 (d^2-l^2 \cos^2 \theta)}$$

$$= \frac{M \cos \theta}{4\pi \mu_0 d^2}$$ (∵ குட்டைக் காந்தமாக இருப்பதால்)

பக்கம் 41 : 2·22

தகுந்த எம். கே. எஸ் அலகுகளில்,

காந்தச் சில்லின் மிகச் சிறிய பரப்பான ABCD-யினுல் P-ல் அழுத்தம் $= \frac{\phi\, d s \cos \theta}{4\pi \mu_0 d^2}$

இங்கு, ϕ என்பது சில்லின் வலிமையை வெபர்/மீட்டர் என்ற அளவில் குறிக்கிறது.

$d s$ என்பது ABCDன் பரப்பினைச் சதுர. மீட்டர் அளவில் குறிக்கிறது.

d என்பது ABCD-லிருந்து P உள்ள தூரத்தை மீட்டர் அளவில் குறிக்கிறது.

ABCD-யினுல் P-ல் தாங்கப்படும் திண்மைக் கோணம் $= d\omega = \frac{ds \cos \theta}{d^2}$

$\therefore$ ABCD-யினுல் P-ல் ஏற்படும் அழுத்தம் $= \frac{\phi\, d\, \omega}{4\pi \mu_0}$

எனவே, முழுச் செல்லினுலும் P-ல் உண்டாக்கப்படும்அழுத்தத்தின் அளவு $= \sum \frac{\phi\, d\omega}{4\pi\mu_0} = \frac{\phi\, \omega}{4\, \pi\, \mu_0}$

பக்கம் 41

எம். கே. எஸ். அலகுகளில்,

இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள காந்த அழுத்தத்தின் அளவு $= \frac{4\pi\, \phi}{4\pi\, \mu_0}$

$$= \frac{\phi}{\mu_0}$$

எனவே, புறவெளி வழியாக ஓர் அலகு முனையை ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்ருெரு புள்ளிக்குக் கொண்டுவரச் செய்யப்படும் வேலை அளவு $= \frac{\phi}{\mu_0}$

பக்கம் 43 : 2.22ஆ

உரிய எம்.கே.எஸ். முறையில் குறிப்பிடும்போது,

$$P\text{-யில் ஏற்படும் காந்த அழுத்தம்} = \frac{2\pi\ \phi\ [1-\cos\theta_1]}{4\pi\ \mu_0} = \frac{\phi\ [-\cos\theta_1]}{2\ \mu_0}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{எனவே, } P\text{-ல் உள்ள காந்தப்}\\ \text{புலச் செறிவு}\end{array}\right\} = \frac{2\pi\phi a^2}{4\pi\mu_0\ (a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{a^2\phi}{2\mu_0\ (a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

பக்கம் 44 : 2·23

நிலை ஆற்றலின் மதிப்பினை எம்.கே.எஸ். முறையில் குறிக்கும் போதும் அதன் அளவு $-M\ H\ \cos\beta$ ஆகும்.

M என்பது வெபர்-மீட்டர் அளவில் அளக்கப்படும்.

H ,, ஆம்பியர்-சுற்று/மீட்டர் அளவில் வரையறுக்கப் படும்.

பக்கம் 45 : 2.24

ஒரு காந்தப் புலத்தில், காந்தக்கட்டையைத் திருப்பச் செய்யப்படும் வேலையை எம்.கே.எஸ். முறையில் குறிக்கப் படும்போதும் அதன் அளவு $MH\ (1-\cos\theta)$ என்றே அமையும்.

இங்கு, H-ன் அளவு வெபர்-மீட்டரில் கொடுக்கப்படும்.

H-ன் அளவு ஆம்பியர்-சுற்று/மீட்டரில் கொடுக்கப் படும்.

பக்கம் 71: 3.11

எம்.கே.எஸ். முறையில் இயக்கத்தின் அலைவு நேரத்திற் குரிய சமன்பாடும் மேற் குறிப்பிட்டுள்ளதே ஆகும். ஆனால், I, M, H, C ஆகியவை எம்.கே.எஸ். அலகுகளில் குறிக்கப் படும்.

பக்கம் 77A: 3·18

இதற்குரிய எம்.கே.எஸ். அலகுகளில் குறிப்பிடப்படும் போது,

$$\frac{M}{H} = \frac{4\pi\ \mu_0\ (d^2-l^2)^2}{2\,d}\ \tan\theta \text{ என்றமையும்.}$$

பக்கம்: 77B 313

$\frac{M}{H}$-ன் மதிப்பு எம். கே. எஸ். முறையில் எழுதுவதாக இருப்பின்,

$$\frac{M}{H} = 4\mu_0 \quad (d^2+l^2)^{\frac{3}{2}} \tan\theta$$ என்றமையும்.

பக்கம் 117

எம். கே எஸ். முறை

மெல்லிரும்பால் ஆன ஒரு சட்டத்தை, H அலகுகள் வலிமை கொண்ட காந்தப் புலத்தில், சட்டத்தின் நீளம் புலத்தின் திசைக்கு இணையாக இருக்குமாறு வைக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம். I என்பது அக் காந்தச் சட்டத்தில் தூண்டப்படும் காந்தமாக்கற் செறிவாகக் கொண்டால், AB என்ற சுவரில் இருக்கின்ற வடமுனையின் எண்ணிக்கை $= a\,I$ ஆகும். ஆக $a\,I$ விசைக்கோடுகள் AB-லிருந்து தொடங்கி CD-ல் முடிவாகின்றன.

H வலிமை புலத்தினால் பிளவின் வழியாக பாய்ந்து செல்லும் விசைக்கோடுகள் $= a\,\mu_0 H.$

எனவே, மொத்த விசைக்கோடுகள் $= a\,\mu_0 H + a\,I.$

ஆக, ஓரலகு பரப்பின் வழியாகச் செல்லும் விசைக் கோடுகள் $= \frac{a\,\mu_0 H + aI}{a}$

$$= \mu_0 H + I$$

ஓர் அலகு பரப்பின் வழியாகப் பாய்ந்து செல்லும் விசைக் கோடுகளைக் காந்தத் தூண்டல் அல்லது பாய அடர்த்தி என்று வழங்குகிறோம்.

$$\text{பாய அடர்த்தி } B = \mu_0 H + I$$

$$\text{ஆனால், } B = \mu_0 H + I$$
$$= \mu H$$

இதில் μ என்பது ஊடகத்தின் காந்த உட்புகு திறனைக் குறிக்கிறது. இந்த உட்புகுதிறன் வெபர் / ஆம்பி—சுற்று மீட்டர் அளவிலோ அல்லது ஹென்ரி / மீட்டர் அளவிலோ குறிக்கப்படும்.

முனைகளுக்கிடையே உள்ள விசைக்குரிய சமன் பாட்டில் $\mu = \mu_r \mu_0$ என்றமையும். இங்கு μ_r என்பது ஊடகத்தினை ஒட்டி அமையும் உட்புகுதிறனாகும். அதோடு சி. ஜி. எஸ். முறையில் அளக்கப்படுகின்ற உட்புகுதிறனின் மதிப்பிற்குச் சமமான எண்ணிக்கையாகவும் μ_r அமையும்.

I/H என்பதைக் காந்த மேற்புத்திறன் என்கிறோம். இதை K என்று குறிப்பிடுகிறோம். μ_0 அல்லது μ ஆகியவற்றிக்குரிய அலகுகளே இதற்கும் அமையும்.

$$\mu = \frac{B}{H}$$

ஆனால், $B = \mu_0 H + I$

எனவே, $\frac{B}{H} = \frac{\mu_0 H}{H} + \frac{I}{H}$

$= \mu_0 + K$

$\therefore M = \mu_0 + K$

ஆனால்

$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ எனவே $\mu_0 \times \mu_r = \mu$

ஆக, $\mu_0 \times \mu_r = \mu_0 + K$

$$\frac{\mu_0 \times \mu_r}{\mu_0} = \frac{\mu_0}{\mu_0} + \frac{K}{\mu_0}$$

$$\therefore \mu_r = 1 + \frac{K}{\mu_0}$$

வெற்றிடத்திற்கு $K = 0$.

எனவே, $\mu = \mu_0$; மேலும் $\mu_r = 1$.

பக்கம் 119: 5.6

உரிய எம்· கே· எஸ் அலகுகளில் குறிப்பிடும்போது,

ds-ன் மேலுள்ள நேர்க்குத்துத் தூண்டல் $= \mu H ds \cos\theta$.

ஆனால், $H = \frac{m}{4\pi\mu r^2}$

எனவே, $d s$-ன் மேலுள்ள நேர் குத்துத் தூண்டல் $= \mu \times \frac{m}{4\pi\mu r^2} \times ds \cos\theta$

$$= \frac{m.\,d\omega}{4\pi} \qquad \left[\because d\omega = \frac{ds\cos\theta}{r^2}\right]$$

எனவே, m முனைகளைச் சுற்றிலும் உள்ள முழுப் புறப் பரப்பின் மேலுள்ள நேர் குத்துத்தூண்டல் $= \int \frac{m\,d\omega}{4\pi} = m.$

பக்கம் 120: 5.7

எம். கே. எஸ். முறை

P அல்லது P_1 ஆகியவற்றில் உள்ள காந்தப்புலச் செறிவை H என்று வைத்துக் கொண்டால்,

உருளையின் மேலுள்ள மொத்த நேர் குத்துத் தூாண்டல் $\Big\} = 2\mu.\ H.ds$

ஆனல், உருளையினல் மூடப்பட்டுள்ள முனைகளின் வலிமை $\Big\} = I\,ds$

எனவே, காஸ் தேற்றத்தின்படி,

$$2\mu\ H\,ds = ds\ I$$

$$\therefore H = \frac{I}{2\mu}$$

பக்கம் 127: 6.3

தகுந்த **எம். கே. எஸ்.** அலகுகளில் குறிப்பிடப்படும் போது,

$$\frac{m}{4\pi\ \mu_0}\ d_1\left[\frac{1}{d_1^3} - \frac{1}{(d_1^2 + L^2)^{\frac{3}{2}}}\right] = H_0 \tan\theta$$

$$\text{எனவே, } m = \frac{4\pi\ \mu_0\ H_0 \tan\theta}{d_1\left[\frac{1}{d_1^3} - \frac{1}{(d_1^2+L^2)^{\frac{3}{2}}}\right]}$$

$$\text{ஆக } I = \frac{4\pi\ \mu_0\ H_0 \tan\theta}{\pi r^2\, d_1\left[\frac{1}{d_1^3} - \frac{1}{(d_1^2+L^2)^{\frac{3}{2}}}\right]}$$

இங்கு d_1, L, r ஆகியவைகள் மீட்டர் அளவில் குறிக்கப் படும்.

பக்கம் 134: 6.7

எம்·கே.எஸ் முறையில் அலகுகள் குறிக்கப்படும்போது, B ஆனது வெபர்/மீட்டர்^{2} அளவில் காட்டப்படும்.

H ஆனது ஆம்பியர்-சுற்று/மீட்டர் அளவில் காட்டப்படும்.

அப்படியானல், பொருளின் ஒரு கன மீட்டருக்கு, ஒரு முழுச் சுற்றில் இழுக்கப்படுகின்ற ஆற்றலின் மதிப்பானது B-H கண்ணியின் பரப்பிற்குச் சமமாக இருக்கும். ஆற்றலின் அலகுகள் ஜுல்ஸ் அளவில் அமையும்.

$$B = \mu_0 H + I$$

எனவே, $dB = \mu_0 dH + dI$

H-யினல் முழுவதும் பெருக்கப்படும்போது,

$$H dB = \mu_0 H dH + H dI$$

அல்லது $\oint H dB = \mu_0 \oint H dH + \oint H dI.$

ஆனல் $\oint H dH = 0.$

இங்கு, $\oint H dB$ என்பது B-H கண்ணியின் பரப்பாகும். மேலும் இது $\oint H dH$ அளவிற்குச் சமமாகவும் இருக்கும். $\oint H dB$ என்பது ஓர் அலகு பருமனுக்கு விரயமாகும் தயக்க இழப்பைக் குறிக்கின்றது.

நிலைமின்னியல்

(Electrostatics)

பக்கம் 172: 8.1

q_1, q_2 என்ற இரு மின்னூட்டங்கள் தங்களுக்கு இடையே q தொலைவைக் கொண்டிருந்தால், அவற்றிற்கு இடையேயுள்ள விசை

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$F = A.\frac{q_1 q_2}{d_2}$$ (இங்கு A என்பது மாறிலியாகும்.)

இதைத் தகுந்த எம்.கே.எஸ். முறையில் குறிப்பிடும்போது,

$$A = \frac{1}{4\pi \epsilon_r \epsilon_0}$$ ஆகும்.

இங்கு, ϵ_r என்பது ஊடகத்தின் ஒப்பு அனுமதித்திறனாகும்.

ϵ_0 என்பது தனிவெளியின் அனுமதித்திறனாகும்.

A-க்குரிய மதிப்பைக் கொடுக்கப்படும்போது.

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_r \epsilon_0 \ d^2}$$ என்ற சமன்பாட்டை நாம் பெறுகிறோம்.

எம்.கே.எஸ் அலகுகளில் F ஆனது நியூடன்களின் அளவிலும், r என்பது மீட்டர் அளவிலும் அமையும்.

$$\frac{1}{4\pi \epsilon_0} = 9\times 10a \ \frac{\text{நியூடன்கள் மீட்டர்}^2}{\text{கூலூம்பு}^2}$$

மேலும், $\epsilon_0 = 8{\cdot}85 \times 10^{-12}$ கூலூம்பு^{2}/நியூடன் மீட்டர்^{2}

வெற்றிடத்தில் இரு மின்னூட்டங்கள் அமையும்போது, அதனை ஒட்டி அமையும் ஒப்பு அனுமதித்திறன் $\epsilon_r = 1$

எனவே,

$$F=\frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 d}$$

பக்கம் 179: 8·4

எம்.கே.எஸ். முறையில்,

மின்னூட்டத்திலிருந்து d மீட்டர் தொலைவிலுள்ள ஒரு புள்ளியில், q கூலூம்பு மின்னூட்டத்தால் உண்டாகும் மின்

$$\text{புலம்} = \frac{q}{4\pi \epsilon d^2}$$

இப்புலம் நியூடன்/கூலூம்பு அளவில் தரப்படும். இது, நாம் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தும் வோல்ட்/மீட்டர் அளவிற்குச் சமமானதாகும்.

பக்கம் 183: 8·7

எம்.கே.எஸ். முறையில் மின்அழுத்தத்தை வோல்டு (Volt) என்ற அலகால் அளக்கிறோம். ஒரு கூலூம்பு அலகுகொண்ட மின்னூட்டத்தை ஈறிலியிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளி வரை கொண்டுவர் 1 ஜூல் வேலை செய்யப்படுவது தேவையானல், அப் புள்ளியில் உள்ள மின்னழுத்தத்தை 1 வோல்டு என்கிறோம்.

பக்கம் 184: 8·8

எம்.கே.எஸ். அலகுகளில் குறிப்பிடப்படும்போது,

O-ல் வைக்கப்பட்டுள்ள q என்னும் மின்னூட்டத்திலிருந்து x தொலைவில் A வைக்கப்பட்டுள்ளது. A-ல் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு கூலூம்பு அலகுள்ள நேர்மின்னூட்டத்தின் மீதுள்ள விசை

$$= \frac{q}{4\pi \epsilon_0 x^2}$$

ஒரு கூலூம்பை A-லிருந்து B-க்கு நகர்த்தப்படுவதால்

$$\text{செய்யப்படும் வேலை} = \frac{q\,dx}{4\pi \epsilon_0 x^2}$$

A-க்கும் B-க்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$dv = \frac{-q\,dx}{4\pi \epsilon_0 x^2}$$

எனவே,

$$P\text{-ல் உள்ள மின்னழுத்தம்} = V = \int_{\infty}^{r} \frac{q\,dx}{4\pi\,\epsilon_o\,x^2} = \frac{q}{4\pi\,\epsilon_o\,r}$$

பக்கம் 187 : 8.9

உரிய எம்.கே.எஸ் அலகுகளில் குறிப்பிடும்போது,

$$\text{மின்அழுத்தம்} = \frac{q}{4\pi\,\epsilon_o\,a}$$

பக்கம் 190: 8·11

எம்.கே.எஸ். அலகுகளில்,

ds-ன்மீது ஒரு புள்ளியில் உள்ள மின்செறிவு

$$= \frac{q}{4\pi\,\epsilon_r\,\epsilon_o\,r^2}$$

எனவே,

ds மீது மொத்த நேர்குத்து மின்செறிவு $= \dfrac{q}{4\pi\,\epsilon_r\,\epsilon_o\,r^2} ds \cos\theta$

ஆனால், ϵ_r காற்றிற்கு 1 ஆகும்.

மேலும், $\dfrac{ds\cos\theta}{r^2} = d\omega$

எனவே, ds மீது மொத்த நேர்குத்து மின் செறிவு

$$= \frac{q}{4\pi\,\epsilon_o}\,d\omega$$

ஆகவே, q-ஐச் சுற்றியுள்ள பரப்பின் மீதுள்ள மொத்த நேர்குத்து மின் செறிவு $= \dfrac{q}{4\pi\,\epsilon_o}\sum d\omega$

$$= \frac{q}{4\pi\,\epsilon_o} \times 4\pi = \frac{q}{\epsilon_o}$$

பக்கம் 192: 81.2

எம். கே. எஸ். முறையில்,

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_o{}^2}$$

பக்கம்: 195

எம். கே. எஸ். அலக்குகள்—

நீள் உருளையின் இரண்டு முனைப்பரப்புகளின் மேலுமுள்ள மொத்த நேர்குத்துத் தூண்டல் $= E\,d\,s + E\,d\,s = 2\,E\,d\,s$

நீள் உருளையால் தளத்தில் வெட்டப்படும் பரப்பின் மேலுள்ள மின்னூட்டம் $= \sigma\,d\,s$

∴ காஸ் தேற்றத்தின்படி,

$$2\,E\,d\,s = \frac{\sigma ds}{\epsilon_o}$$

$$\therefore\ E = \frac{\sigma}{2\,E_o}$$

பக்கம் 196

வளைவு பரப்பின் மேலுள்ள மொத்த நேர்குத்துத் தூண்டல் $= E \times 2\pi\, r\, l$

நீள் உருலையில் உள்ளிட்ட மின்னூட்டத்தின் அளவு $= q \times l$

எனவே, காஸ் தேற்றத்தின்படி, $E \times 2\pi rl = \dfrac{ql}{\epsilon_o}$

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r}$$

பக்கம் 199: 8.14

எம்.கே·எஸ் அலகுகள்

σ என்பது மின்னூட்டமாறுல் (கூலூம்பு/சதுர மீட்டர் அளவில்)

$$E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_o}$$

மேலும் $-E_1 + E_2 = O$

அல்லது $E_1 = E_2$

$$\therefore E_1 = E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$\sigma/2\epsilon_0$ அளவுள்ள புலத்தில் $d\,s$ அளவு பரப்பின் மீது $d\,s\,\sigma$ அளவுள்ள மின்னூட்டம் உள்ளது· இப்புலம் கடத்தியின் பிறபகுதியின் மீதுள்ள மின்னூட்டத்தால் ஏற்படுவதாகும்.

$\therefore\ d\,s$-ன் மீதான விசை $= \dfrac{\sigma^2 d\,s}{2\epsilon_0}$

பக்கம் 197: 8·13

எம்.கே.எஸ். அலகுகள்

நீள் உருளையின் பரப்பின் மேலுள்ள நேர்குத்துத் தூண்டல்
$= E \times ds$

ஆனல் ds அளவு பரப்பில் உள்ளிட்ட மின்னூட்டம் $= \sigma\, ds$

எனவே, காஸ் தேற்றத்தின்படி,

$$E\, ds = \frac{\sigma\, ds}{\epsilon_o}$$

$$\therefore \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_o}$$

இங்கு σ என்பது ஒரு சதுர மீட்டரில் உள்ள மின்னூட்டத்தைக் கூலூம்பு அலகுகளில் குறிக்கின்றது.

$$\therefore \quad \text{விசை/அலகு பரப்பு} = \frac{\sigma^2}{2\,\epsilon_o}$$

ஆனல் $E = \frac{\sigma}{\sigma_o}$; எனவே, $\sigma = E \times \epsilon_o$

$\therefore$ கடத்தியின் அலகு பரப்பின் மேலுள்ள விசை $\Big\} = \frac{\epsilon_o^2\, E^2}{2\,\epsilon_o} = \frac{E^2\,\epsilon_o}{2}$

பக்கம் 203: 8·16

எம்.கே.எஸ். அலகுகளில்,

ds மீதுள்ள விசை $= \frac{\epsilon_o E^2\, ds}{2}$

dsஐ dx தொலைவு நகர்த்த அதன்மேல் செய்யப்படும் வேலை $\Big\} = \frac{\epsilon_o E^2\, ds}{2} \times dx$

இந்த அளவு வேலையினை ஆற்றலாக, $ds \cdot dx$ என்னும் பருமன் அளவுள்ள புலத்தில் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது.

$$\therefore \quad \text{ஆற்றல்/அலகு பருமனுக்கு} = \frac{\epsilon_o E^2}{2}$$

பக்கம் 205: 8·18

எம்·கே.எஸ். அலகுகளில் குறிப்பிடும்போது,

P-லும் அதன் மின்பிம்பமான P_1-லும் உள்ள மின்னூட்டத்தால் M-ல் உண்டாகும் புலம் $\Big\} = \frac{2\,qx}{4\pi\,\epsilon_o\,(d^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$

'σ' என்பது M-ல் உள்ள மின்னூட்டப் புறப்பரப்படர்த்தி என்றால், காஸ் தேற்றத்தின்படி,

$$\frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{-2qx}{4\pi\epsilon_0 (d^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\therefore \sigma = \frac{-qx}{2\pi (d^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

மின்னூட்டத்திற்கும் தளக்கடத்திக்கும் இடையேயுள்ள விசை

$$= \frac{-q^2}{4\pi\epsilon_0 (2x^2)} = \frac{-q^2}{16\pi\epsilon_0 x^2}$$

பக்கம் 212

உரிய, எம்.கே.எஸ். அலகுகளில் குறிப்பிடும்போது,

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$\therefore \quad C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}} = 4\pi\epsilon_0 r$$

எம். கே. எஸ். முறையில் மின்தேக்குத் திறனின் அலகு ஃபேரட் (Farad) ஆகும். ஒரு கூலூம்பு அளவுள்ள மின்னூட்டமானது, கடத்தியின் மின்னழுத்தத்தை ஒரு வோல்டு (Volt) உயர்த்துமானால், அக்கடத்தியின் தேக்குத்திறன் ஒரு ஃபேரட் ஆகும்.

பக்கம் 220: 9·7

எம்.கே.எஸ். முறையில்,

$$C = \frac{4\pi\epsilon_r\epsilon_0 A}{4\pi d} \quad \text{ஃபேரட்.}$$

$$= \frac{\epsilon_r\epsilon_0 A}{d} \quad \text{ஃபேரட்.}$$

இரண்டு தட்டுகளுக்குமிடையே காற்று இருக்குமானால்,

$$\epsilon_r = 1.$$

$$\therefore \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad \text{ஃபேரட்.}$$

பக்கம் 221: 9·8

உரிய எம்.கே.எஸ். அலகுகளில் தரப்படும்போது, மின் தேக்கியின் தேக்குத்திறன்

$$= \frac{\epsilon_0 A}{d - t + \frac{t}{\epsilon r}} \text{ ஃபேரேட்}$$

என்றாகும்.

பக்கம் 223 9·9

$$\left.\begin{array}{l}\text{அதன் மேலுள்ள மின்னூட்டத்} \\ \text{தினால் } A\text{-ன் மின்னழுத்தம்}\end{array}\right\} = \frac{q}{4\pi\,\epsilon a}$$

$$\left.\begin{array}{l}B\text{-ன் உட்புறத்தின் } -q \text{ அலகுகள் எதிர் மின்} \\ \text{னூட்டம் இருப்பதால், அதன் மின்னழுத்தம்}\end{array}\right\} = -\frac{q}{4\pi\,\epsilon b}$$

∴ A-ன் மேலுள்ள விளைவு மின்னழுத்தம்

$$= \frac{q}{4\pi\,\epsilon}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$$

$$= q\,\frac{(b-a)}{4\pi\,\epsilon\,ab}$$

∴ மின்தேக்குத்திறன் $= \dfrac{q}{\dfrac{q\,(b-a)}{4\pi\,\epsilon\,ab}}$

$$= \frac{4\pi\,\epsilon\,ab}{b-a} \text{ ஃபேரேட்.}$$

பக்கம் 224: 9·10

எம்.கே.எஸ். முறை

நீள் உருளையின் பொது அச்சிலிருந்து r என்ற தொலைவி லுள்ள ஒரு புள்ளியில் உள்ள மின்புலத்தின் செறிவு

$$= \frac{q}{2\pi\,\epsilon r}$$

∴ வெளி உருளையிலிருந்து உள் உருளைக்கு ஓர் அலகு, மின்னூட்டத்தைக் கொண்டுவர செய்யப்படும் வேலை,

$$= \int_b^a \frac{-q\,dr}{2\pi\,\epsilon r} = \frac{q}{2\pi\,\epsilon}\,\log_e \frac{b}{a}$$

இது உள்நீள் உருளையின் மின்னழுத்தமாகும்.

மின்னூட்டம்/அலகு நீளத்திற்கு $= q$.

∴ மின்தேக்கியின் தேக்குத் திறன் ஓர் அலகு நீளத்திற்கு $\left.\right\} = \dfrac{q}{\dfrac{q}{2\pi\epsilon}\log e \dfrac{b}{a}}$

$$= \frac{2\pi\epsilon}{\log e \; b/a}$$

$$= 2\pi\epsilon \log e \frac{a}{b}$$

பக்கம் 244: 10·1

A-க்கு Va என்ற, மின்னழுத்தத்தையும் B-க்கு Vb என்ற மின்னழுத்தத்தையும் (வோல்டு அளவில்) கொடுப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். A-க்கும் B-க்குமிடையே உள்ள தொலைவை d எனக் கொண்டால், இரண்டு தட்டுகளுக்கு மிடையேயுள்ள மின்புலச் செறிவு

$$E = \frac{V_a - V_b}{d}$$

இவ்விரண்டிற்குமிடையே உள்ள கவர்ச்சி விசை

$$F = \frac{A\,\epsilon_o\,E^2}{2}$$

$$F = \frac{A\,\epsilon_o\,(V_a - V_b)^2}{2\,d^2}$$

$$\therefore \; V_a - Vb = d\sqrt{\frac{2F}{A\,\epsilon_o}}.$$

பக்கம் 245: 10·2

எம்: கே. எஸ். முறை.

A—யானது G-ன் தளத்திற்கே வருமாறு செய்ய m என்ற நிறையினை (கிலோகிராம் அளவில்) A-ன் மீது வைக்கப்படும் போது;

$$V_a - V_1 = d_1\sqrt{\frac{2mg}{\epsilon o A}}$$

மேலும், $V_a - V_2 = d_2\sqrt{\dfrac{2mg}{A\epsilon o}}$

எனவே $V_1 - V_2 = (d_2 - d_1)\sqrt{\dfrac{2mg}{\epsilon o A}}$

பக்கம் 247: 10.3

இரண்டு தட்டுகளுக்கிடையே காற்று இருப்பதாகவும், V_a, V_b ஆகியவை அவ்விரு தட்டுகளுக்கும் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தங்களாகவும் (வோல்டு அளவில்) கொள்வோம். அவ் விரு தட்டுகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் d எனக் கொள்வோம். எனவே, A ஆனது காப்பு வளையத்தின் நிலைக்கு இருக்கும்.

$$\text{தட்டுகளுக்கிடையே உள்ள விசை } F = \frac{A \epsilon_o (V_a - V_b)^2}{2d^2}$$

தட்டுகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை மாற்றாமல், அப்படியே வைத்துக் கொண்டு அவற்றிற்கு இடையே மின்கடத்தாப் பொருட் பாளத்தை நுழைப்பதாகக் கொள்வோம். t என்பது பாளத்தின் தடிமனையும், ϵ என்பது உட்புகுதிறனையும் குறிக்கும்.

காப்பு வளையத்தின் நிலைக்கு A ஐக் கொண்டுவத்து நிலை நிறுத்தத்தட்டுகளுக்கு இடையேயுள்ள தூரத்தை d_1 என மாற்றுவதாகக் கொள்வோம். காற்றில் இவ்விரு தட்டுகளுக்கு இடையேயுள்ள மின்புலச் செறிவை E எனக் கொள்வோம்.

$$\text{மின்கடத்தாப் பொருளில் மின்செறிவு} = \frac{\epsilon_o E}{\epsilon}$$

$$\therefore V_a - V_b = E(d_1 - t) + \epsilon_o = E.\frac{t}{\epsilon}$$

$$\therefore E = \frac{V_a - V_b}{d_1 - t + \frac{t}{Ke.}}$$

இதில்,

$Ke = \frac{\epsilon}{\epsilon_o}$ என்பது பாளத்தின் உட்புகுத்திறனாகும். இதைத்தான் நாம் அளக்க வேண்டும்.

$$A\text{-ன் மீதுள்ள விசை} = \frac{A\epsilon_o (V_a - V_b)^2}{2\left(d_1 - t + \frac{t}{Ke}\right)^2}$$

இரு கட்டங்களிலும் A-ன் மீதான விசை ஒன்றாகவே உள்ளது. எனவே,

$$d = d_1 - t + = \frac{t}{Ke}$$

அல்லது $d_1 - d = h = t\left(1-\frac{1}{Ke}\right)$

$$\therefore \; Ke = \frac{t}{t-h}$$

பக்கம்: 252: 10.4

எம். கே. எஸ். முறை

ஊசிக்கு V என்ற மின்னழுத்தமும் A, B குவாட்ரண்டுகளுக்கு முறையே V_a, V_b மின்னழுத்தங்களும் (வோல்டு அளவில்) கொடுப்பதாகக் கொள்வோம்.

θ என்பதை ஊசி சுழலுவதன் மூலம் கிடைக்கும் கோணமாகக் கொள்வோம்.

A குவாட்ரன்டுகளுக்கும் ஊசிக்கும் இடையே குறைகின்ற மின் தேக்குத் திறன் = B குவாட்ரண்டுகளுக்கும் ஊசிக்கும் இடையே அதிகமாகும் மின் தேக்குத்திறனாகும்.

$$= \frac{2r^2 \epsilon_0 \theta}{d} \therefore \text{பேரேட்.}$$

A குவாட்ரண்டுகளிலிருந்து மூலத்தால் பெறப்படும் ஆற்றல்

$$= \frac{2r^2 \epsilon_0 \theta}{d}\left(V - V_a\right)^2 \text{ ஜூல்ஸ்.}$$

B குவாட்ரண்டுகளுக்கு மூலத்திலிருந்து வழங்கப்படும் ஆற்றல்

$$= \frac{2r^2 \epsilon_0 \theta}{d}(V - V_b)^2 \text{ ஜூல்ஸ்.}$$

எனவே, எலெக்ட்ரோ மீட்டரால் பெறப்படும் விளைவு ஆற்றல்

$$= \frac{2r^2 \epsilon_0 \theta}{d}\left\{(V-V_b)^2 - (V-V_a)^2\right\} \text{ ஜூல்ஸ் ... (1)}$$

A குவாட்ரண்டுகளுக்கு மேல் உள்ள மின்னூட்டத்தின் நிலையாற்றலின் குறைவானது

$$= \frac{1}{2}\,\frac{2r^2 \epsilon_0 \theta}{d}(V-V_a)^2$$

B குவாட்ராண்டுகளுக்கு மேலுள்ள மின்னூட்டத்தின் நிலையாற்றலின் அதிகமானது

$$= \frac{1}{2} \frac{2r^2 \epsilon_o \theta}{d} (V-V_b)^2$$

எனவே மின்னூட்டத்தின் மொத்தமாக அதிகமாகும் நிலையாற்றல்

$$= \frac{1}{2} \frac{2r^2 \epsilon_o \theta}{d} \left\{(V-V_b)^2 - (V-V_a)^2\right\} \ldots\ldots\ldots (2)$$

ஆகவே, இழையில் முறுக்கைத் தோற்றுவிக்கும் ஆற்றலின் அளவு $= (1)-(2)$

$$= \frac{1}{2} \frac{2r^2 \epsilon_o \theta}{d} \left\{(V-V_b)^2 - (V-V_a)^2\right\}$$

அலகு முறுக்குக்கு உள்ள இரட்டையை C எனக் கொண்டால், இழையை θ கோண அளவு முறுக்கச் செய்யப்பட வேண்டிய வேலையின் அளவு

$$= \frac{1}{2} C \theta^2$$

$$\therefore \frac{1}{2} C\theta^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2r^2 \epsilon_o \theta}{d} \left\{(V-V_b)^2 - (V-V_a)^2\right\}$$

$$\theta = \frac{2r^2 \epsilon_o}{d\,C} \left(V - \frac{V_a+V_b}{2}\right) (V_a-V_b)$$

மாறு அழுத்த முறை

$$V_a - V_b = \frac{Cd}{2r^2 \epsilon_o V} \theta = K\theta.$$

சம அழுத்த முறை

$$\frac{r^2 \epsilon_o}{d} (V_a-V_b)^2 = C\theta$$

$$(V_a-V_b)^2 = \frac{C d}{r^2 \epsilon_o} \theta$$

$$(V_a-V_b)^2 = K^1 \theta.$$